



اولین کنفرانس ملی آلودگی های محیط زیست

با محوریت زمین پاک

۲۳ اردیبهشت ماه ۱۳۹۳

دانشگاه علوم پزشکی و خدمات درمانی استان اردبیل

## مقایسه کیفیت فیزیکی و شیمیایی آب حاصل از دستگاههای تصفیه آب خانگی شهر اردبیل با استانداردهای داخلی و بین المللی

نوشیروان صدیق<sup>۱</sup>، فاطمه ناصحی<sup>۲</sup>، ابراهیم فتایی<sup>۳</sup>، مرتضی عالیقدری<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup>دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل، دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست، اردبیل، ایران.

ansadigh@yahoo.com

<sup>۲</sup>دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل، استادیار گروه مهندسی منابع طبیعی-محیط زیست، اردبیل، ایران.

fnasehi86@yahoo.com ghnadery@yahoo.com

<sup>۳</sup>دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل، استادیار گروه مهندسی منابع طبیعی-محیط زیست، اردبیل، ایران. ebfataei@Gmail.com

<sup>۴</sup>استادیار گروه مهندسی بهداشت محیط دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی اردبیل، ایران. m.alighadri@arums.ac.ir

### چکیده

آب آشامیدنی علاوه بر تامین آب مورد نیاز بدن در بر گیرنده املاح و عناصر معدنی و ضروری برای بدن است که کمبود یا افزایش پاره ای از آنها منجر به ایجاد مشکلات و بیماریهای مختلفی می شود. این تحقیق با هدف بررسی کارایی دستگاههای تصفیه آب خانگی در کاهش یا حذف پارامترهای فیزیکی و شیمیایی در سال ۹۲ انجام گردید. این مطالعه نوعی مطالعه توصیفی تحلیلی بود به همین منظور، ۱۲ دستگاه تصفیه آب با خصوصیات متفاوت از لحاظ تعداد فیلترها، عمر فیلترها از نقاط مختلف که دارای منابع آب متفاوت اعم از چاه و آب سطحی بودند انتخاب شدند. نتایج نشان داد که میانگین کارایی حذف پارامترهای فیزیکی و شیمیایی توسط دستگاههای تصفیه آب خانگی (RO) در کاهش و حذف اکثر پارامترها بالا ماب باشد از جمله میانگین کارایی حذف این دستگاهها در سختی کل ۸۲/۴۱، سختی کلسیم ۸۷/۱۰، سختی منیزیم ۶۵/۷۸، سدیم ۹۵/۰۵، پتاسیم ۷۹/۴۸، کدورت ۵۷/۹۸ و کلر باقیمانده ۱۰۰٪ می باشد. نتایج بدست آمده از این تحقیق نشان داد که دستگاه های تصفیه آب خانگی کارایی بسیار بالایی در حذف پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب دارند و با توجه به اینکه اغلب پارامترهای آب شهری زیر حد استاندارد آب آشامیدنی ایران قرار دارد استفاده از این دستگاه ها الزامی نمی باشد، چرا که اکثرا غلظت پارامترها را تا زیر حد استاندارد کاهش می دهند و به نوعی باعث کاهش طعم آب و کاهش غلظت فلوراید به زیر حد استاندارد می شوند.

### واژه های کلیدی

کیفیت فیزیکی، شهر اردبیل، دستگاههای تصفیه آب، کیفیت فیزیکی و شیمیایی



## مقدمه

آب یکی از نیازهای اساسی و اولیه هر موجودی است و بدون آن حیات معنایی نخواهد داشت [۱]. آب آشامیدنی علاوه بر تامین آب مورد نیاز بدن در بر گیرنده املاح و عناصر معدنی و ضروری برای بدن است که کمبود یا افزایش پاره ای از آنها منجر به ایجاد مشکلات و بیماریهای مختلفی می شود [۲]. بعنوان مثال می توان به کاهش و افزایش فلئوئور اشاره نمود که به ترتیب باعث پوسیدگی دندان و اسکلوئوزیس خواهد شد [۲]. بنابر این استاندارد بودن کیفیت آب آشامیدنی می تواند نقش موثری در بهداشت و سلامت انسان به عهده داشته باشد. به همین دلیل یکی از وظایف اصلی مسئولان تهیه و توزیع آب شرب و کنترل کیفیت آن است [۳]. آب آشامیدنی علاوه بر اینکه از نظر ظاهری بایستی شفاف، زلال و عاری از کدورت باشد، از نظر میکروبی و شیمیایی نیز بایستی در حد مطلوب قرار داشته باشد [۳]. از لحاظ کیفیت شیمیایی آب آشامیدنی نیز، کاتیونهای چند ظرفیتی مخصوصا کلسیم و منیزیم به راحتی ته نشین شده و بخصوص در واکنش با صابون سبب کف نکردن آن و تشکیل رسوبات مزاحم می گردند [۴]. بر اساس استانداردهای ملی ایران حداکثر مطلوب سختی کل بر حسب کربنات کلسیم ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر می باشد (۵) بالا بودن جامدات محلول (TDS) آب نیز سبب ایجاد مزه شوری در آب می شود و تمایل مصرف کنندگان به مصرف چنین آب هایی را کاهش می دهد به همین دلیل مصرف کنندگان همیشه در پی آب های شیرین بوده اند [۳]. هم چنین با توجه به مساله کمبود منابع آبی در دسترس، انسان ها به مدت طولانی در جستجوی روش تصفیه مناسبی برای منابع ناچیز آب شیرین بوده اند. آب شیرین کن مفهوم جدیدی برای انسان نیست بلکه این ایده ایست برای تبدیل آب شور به آب شیرین که روز به روز توسعه یافته و برای قرن ها از آن استفاده می شود [۶].

امروزه دستگاههای آب شیرین کن در تامین آب مورد نیاز کشورهای مختلف جهان نقش بسزایی دارند و با توجه به افزایش مصرف آب و کاهش منابع طبیعی و تجدیدپذیر آب شیرین، این نقش روز بروز پررنگ تر می شود. استفاده از دستگاههای آب شیرین کن اگر چه منجر به تولید آب شیرین می شود، ولی این تکنولوژی نیز مانند سایر علوم طبیعی دارای یک سری معایب از جمله مصرف بالای انرژی و تاثیرات زیست محیطی می باشد. بطور کلی می توان گفت که دستگاههای آب شیرین کن از طریق تخلیه کنترل نشده پساب خروجی (پساب نمکی) می توانند به محیط زیست آسیب جدی وارد نمایند، چرا که این پساب تولیدی در دستگاههای آب شیرین کن، دارای باقیمانده مواد شیمیایی بکار گرفته شده در طول فرآیند، جامدات محلول بالا، شوری بالا، مواد معدنی خورنده، دمای بالاتر از محیط و هم چنین چگالی بالا می باشد [۷ و ۸].

در مناطقی از کشور ایران از جمله نوار ساحلی جنوبی و مناطق کویری بدلیل فقدان آب شیرین، تنها منبع تامین آب، آب های با املاح زیاد یا به عبارتی آب شور می باشد که در سالهای اخیر با توجه به ورود و توسعه دستگاههای آب شیرین کن در کشور، مناطق ذکر شده آب آشامیدنی خود را با استفاده از این دستگاهها تامین می نمایند [۹].

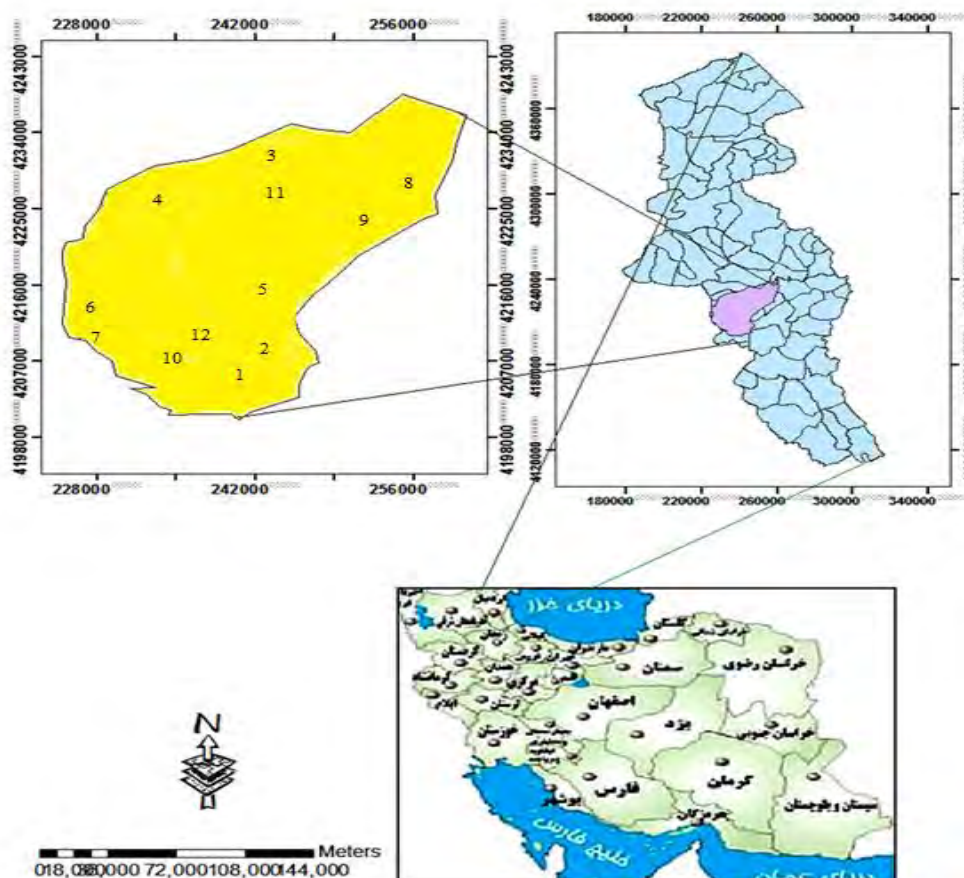
در ایران و جهان مطالعات مختلفی بر روی کیفیت آب خروجی از دستگاههای آب شیرین کن انجام شده است [۱، ۲، ۳ و ۴]. تحقیقات انجام شده نشان داده است که در دستگاه های آب شیرین کن به دلیل اینکه زدایش انتخابی وجود ندارد و تمام کاتیون ها و آنیون ها بدون توجه به مفید بودن یا مفید نبودن حذف می گردند، لذا می تواند منجر به بر هم خوردن تعادل املاح در آب خروجی شود و سلامت مصرف کننده را به خطر اندازند (۳). از املاح مهمی که این دستگاه ها حذف می کند ریز مغذیهایی مانند: ید، روی، آهن، منیزیم، سلنیوم، مس، کروم، منگنز، کلسیم، فسفر، پتاسیم، فلوراید می باشند که به مقدار جزئی نقشی تاثیر گذار در واکنش های حیاتی موجودات زنده بعهده دارند و عدم دریافت آنها زندگی فرد و سلامت جامعه را در معرض خطر جدی قرار می دهد [۱۰].

با توجه به اینکه آب آشامیدنی شهر اردبیل از دو منبع سطحی (سد یامچی) و منابع زیر زمینی (چاههای مسیر بخش آبی بیگلو و چاههای موجود در مناطق مختلف شهر اردبیل) تامین می شود مردم به استفاده از دستگاههای تصفیه آب خانگی روی آورده اند، هرچند حذف مواد و املاح موجود در آب از جمله ریز مغذی ها توسط این دستگاهها جای تامل دارد. این تحقیق با هدف بررسی کارایی دستگاههای آب تصفیه خانگی در کاهش یا حذف پارامترهای فیزیکی و شیمیایی انجام گردید.

## مواد و روشها

این مطالعه توصیفی تحلیلی، جهت بررسی کارایی دستگاههای تصفیه آب خانگی در کاهش یا حذف پارامترهای کیفی آب شرب شهر اردبیل در سال ۹۲ انجام شد، ابتدا با اکثر نمایندگی های فروش دستگاههای تصفیه آب موجود در اردبیل حضورا مصاحبه بعمل آمد که نتایج این گفتگوها نشان دهنده روی آوری مردم به استفاده از دستگاههای تصفیه آب، بدلیل عدم پذیرش کیفیت آب شرب می باشد. باتوجه به متفاوت بودن نوع منبع تامین آب، درقسمتهای مختلف شهر (اعم از آب چاه و آب سطحی) و طبیعتا متفاوت بودن کیفیت آنها تعداد ۱۲ دستگاه تصفیه آب با خصوصیات متفاوت از لحاظ تعداد فیلترها، عمر فیلترها از نقاط مختلف انتخاب شدند که موقعیت آنها در شکل شماره ۱ نشان داده شده است. تمامی نمونه برداری ها بر اساس روشهای استاندارد ذکر شده در استاندارد نمونه برداری ایران، صورت گرفت [۵] و در شرایط استاندارد دمایی به آزمایشگاه دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی اردبیل انتقال یافت و مورد آنالیز قرار گرفت. پارامترهای مورد بررسی بر روی هر کدام از نمونه ها: نیترات، نیتریت، سولفات، فلوراید، سختی، کلرور (CL)، کلر باقیمانده (CL2)، سختی کل (TDS)، هدایت الکتریکی (EC)، کدورت، پتاسیم، سدیم بوده اند که تمامی مراحل انجام آزمایشات بر اساس کتاب استاندارد متد انجام گرفت [۵].

در نهایت بعد از انجام آزمایشات نتایج با استفاده از آمار توصیفی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت، ضمنا در بررسی ارتباط بین تعداد فیلتر، عمر فیلتر و نوع منبع تامین آب شرب با کارایی دستگاه از آزمون آماری ANOVA و T-TEST استفاده گردید.



شکل ۱: موقعیت دستگاههای تصفیه آب خانگی مورد مطالعه



اولین کنفرانس ملی آلودگی های محیط زیست

با محوریت زمین پاک

۲۳ اردیبهشت ماه ۱۳۹۳

دانشگاه علوم پزشکی و خدمات درمانی استان اردبیل

## نتایج

در جدول ۱ میانگین، انحراف معیار، حداقل و حداکثر کارایی حذف پارامترهای مورد مطالعه بر روی دستگاههای تصفیه آب خانگی نشان داده شده است. همانطوری که ملاحظه می شود میانگین کارایی حذف نیترات، نیتریت، سولفات، کلراید و فلوراید توسط دستگاههای تصفیه آب خانگی به ترتیب ۷۹/۱۶، ۲۴/۱۹، ۴۸/۵، ۸۳/۴۸، ۷۲/۸۶٪ می باشد.

جدول ۱: میزان حداقل و حداکثر کارایی دستگاههای تصفیه آب خانگی در حذف پارامترهای فیزیکی و شیمیایی

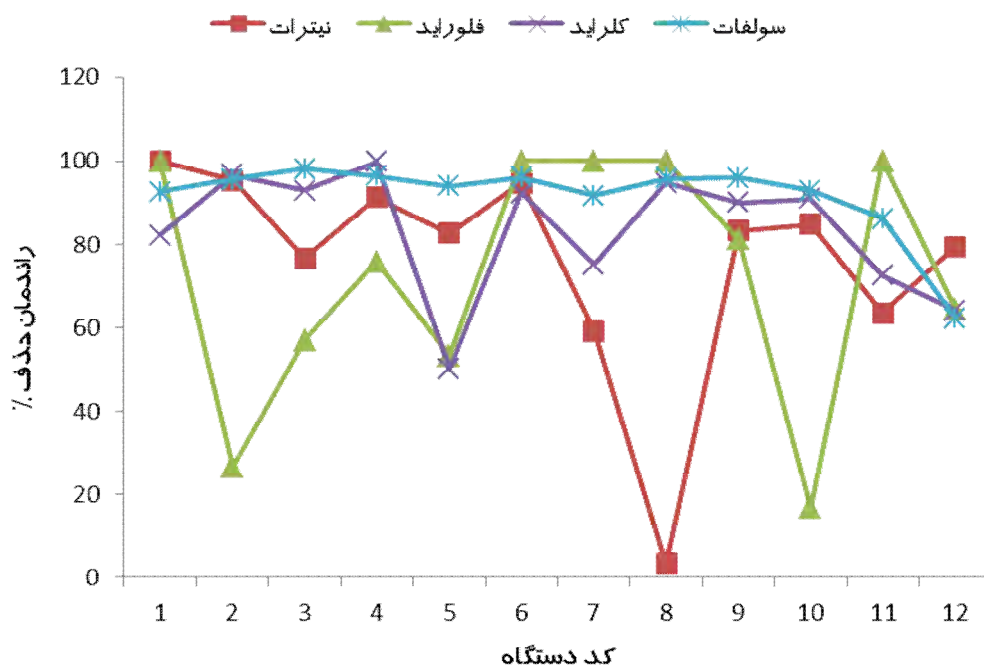
استاندارد مجاز		انحراف معیار	میانگین	حداکثر	حداقل	شاخصها	
WHO	ایران						
۵۰	۵۰	۲۶/۰۵	۷۹/۱۶	۱۰۰	۱۲	نیترات mg/l	
۳	۳	۷۵/۲۵	-۲۴/۱۹	۳۵/۴۸	-۲۵۰	نیتریت mg/l	
۲۵۰	۲۰۰-۴۰۰	۹/۷۴	۹۱/۵۰	۹۸/۱۳	۶۲/۲۲	سولفات mg/l	
۲۵۰	۲۰۰-۴۰۰	۱۵/۱۲	۸۳/۴۸	۹۹/۸۱	۵۰/۲۱	کلراید mg/l	
۱,۵-۰,۵	۰/۵-۱/۵	۲۹/۸۰	۷۲/۸۶	۱۰۰	۱۶/۶۷	فلوراید mg/l	
-	۵۰۰	۹/۸۴	۸۲/۴۱	۹۴/۲۳	۶۰/۶۲	کل	سختی mg/l
-	-	۷/۶۳	۸۷/۱۰	۹۶	۷۲/۷۳	کلسیم	
-	-	۲۰/۴۸	۶۵/۷۸	۸۸/۸۹	۲۸/۵۷	منیزیم	
۲۰۰	۲۰۰	۳/۸۶	۹۴/۰۵	۶۸/۶۰	۸۶/۷۲	سدیم mg/l	
		۱۵/۹۸	۷۹/۴۳	۹۶/۶۸	۳۹/۵۰	پتاسیم mg/l	
		۶/۸۰	۹۰/۴۲	۹۷/۵۲	۷۹/۴۷	EC $\mu\text{s}/\text{cm}^2$	
۱۰۰۰	۱۵۰۰	۶/۷۰	۹۰/۶۳	۹۷/۵۲	۷۹/۴۷	TDS mg/l	
۱<	۵<	۱۸/۴۹	۵۷/۹۸	۸۳/۳۳	۳۳/۳۳	کدورت NTU	
۰/۲-۰/۸	۰/۲-۰/۸	۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	کلرباقیمانده mg/l	

جدول ۲: نتایج میانگین کیفیت شیمیایی آب ورودی و خروجی دستگاه های تصفیه آب خانگی در شهر اردبیل در سال ۱۳۹۲

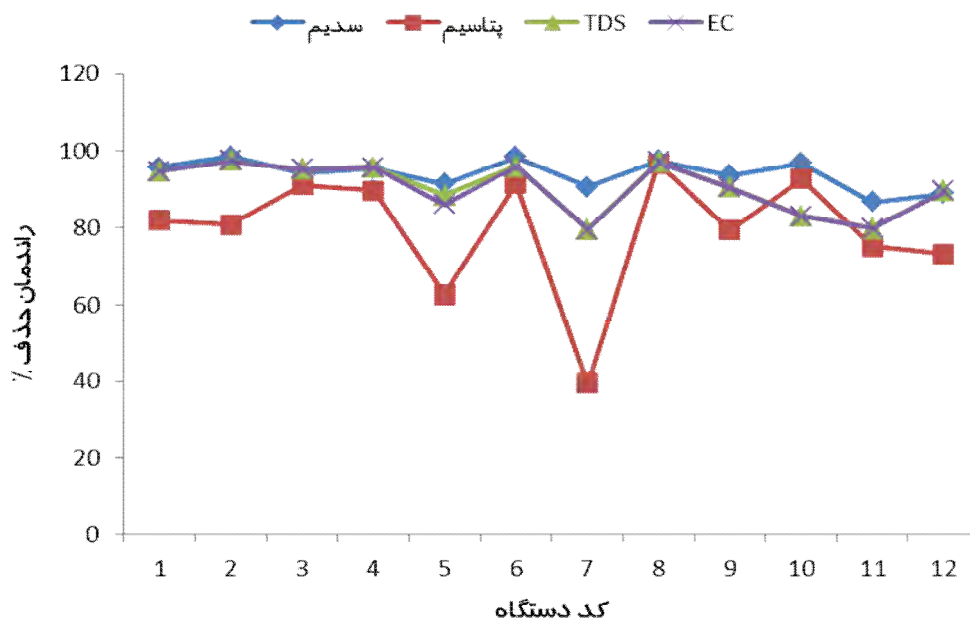
شاخص	کیفیت آب ورودی به دستگاه تصفیه آب	کیفیت آب از خروجی از دستگاه تصفیه آب	استاندارد کیفیت آب آشامیدنی	نتایج آزمون	
				ورودی با خروجی	خروجی با استاندارد
نیترات	۶/۰۱	۰/۹۳	۵۰	P=۰/۶۵	P<۰/۰۰۱
نیتريت	۰/۲۲	۰/۲۴	۳	P=۰/۰۶۴	P<۰/۰۰۱
سولفات	۶۷/۰۲	۳/۸۳	۲۰۰-۴۰۰	P<۰/۰۰۱	P<۰/۰۰۱
کلراید	۹۶/۲۳	۱۳/۰۶	۲۰۰-۴۰۰	P=۰/۰۰۱	P<۰/۰۰۱
فلوراید	۰/۶۰	۰/۱۶	۰/۵-۱/۵	P<۰/۰۱	P<۰/۰۰۱
سختی کل	۲۷۷/۵۵	۳۷/۳۳	۵۰۰	P<۰/۰۱	P<۰/۰۰۱
سختی کلسیم	۲۰۰/۲۲	۱۶/۸۸	-	P<۰/۰۵	P<۰/۰۰۱
سختی منیزیم	۷۰	۲۰/۶۶	-	P<۰/۰۵	P<۰/۰۰۱
سدیم	۱۷۳/۳۸	۱۰/۸۲	۲۰۰	P<۰/۰۰۱	P<۰/۰۰۱
پتاسیم	۱۹/۰۷	۴/۲۲	-	P<۰/۰۰۱	P<۰/۰۰۱
EC	۸۷۵/۸۴	۸۳/۰۳	-	P=۰/۰۰۱	P<۰/۰۰۱
TDS	۵۷۶/۴۵	۵۳/۱۹	۱۵۰۰	P=۰/۰۰۱	P<۰/۰۰۱
کدورت	۰/۴۶	۰/۱۷	<۵	P=۰/۰۰۱	P<۰/۰۰۱

\* کلیه واحدها (غیر از EC و کدورت) بر حسب میلی گرم بر لیتر می باشد.

\*\* واحد کدورت NTU و واحد EC میکروزیمنس بر سانتی متر مربع ( $\mu\text{S}/\text{cm}^2$ ) می باشد.

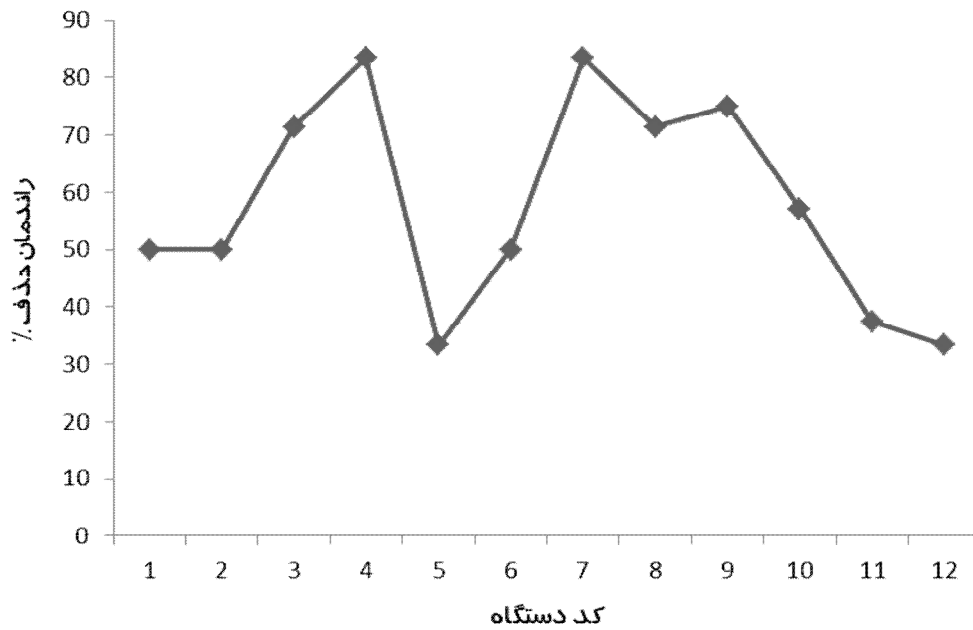


شکل ۲: کارایی حذف نیترات، فلوراید، کلراید و سولفات در دستگاههای تصفیه آب خانگی مورد بررسی را نشان می دهد.

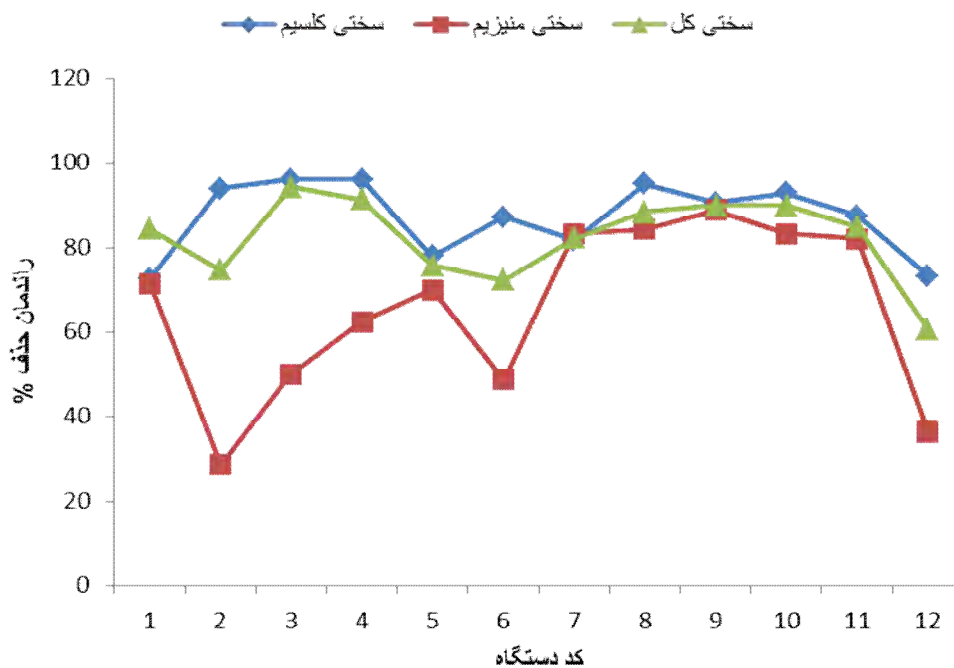


شکل ۳: کارایی حذف TDS، EC، پتاسیم و سدیم در دستگاههای تصفیه آب خانگی مورد بررسی را نشان می دهد.

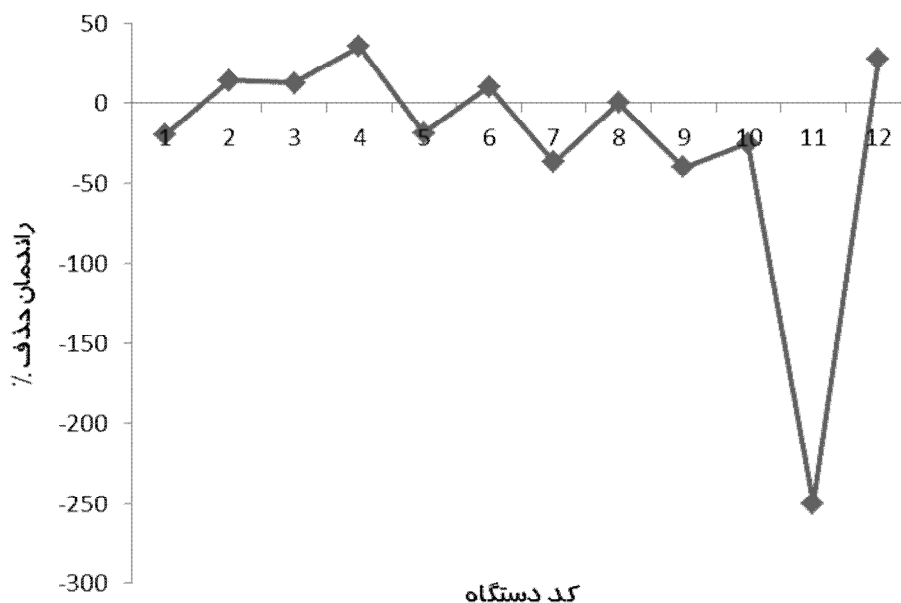




شکل ۴: کارایی حذف کدورت در دستگاههای تصفیه آب خانگی مورد بررسی را نشان می دهد.



شکل ۵: کارایی حذف سختی کل، سختی منیزیم و سختی کلسیم در دستگاههای تصفیه آب خانگی مورد بررسی را نشان می دهد.



شکل ۶: کارایی حذف نیتریت در دستگاههای تصفیه آب خانگی مورد بررسی را نشان می دهد.

همانطور که از جدول ۱ و شکل ۲ مشخص است میانگین کارایی حذف نیترات توسط دستگاههای آب تصفیه خانگی ۷۹٫۱۶٪ با انحراف معیار ۲۶/۰۵ می باشد هم چنین در بررسی غلظت نیترات ورودی و خروجی به دستگاههای تصفیه آب مشخص شد که میانگین غلظت نیترات ورودی به دستگاههای تصفیه آب خانگی ۵/۲۵ میلی گرم در لیتر با انحراف معیار ۶/۸۹٪ می باشد که نشان دهنده پایین بودن غلظت نیترات از حد استاندارد ایران و WHO (۵۰ mg/l) و استاندارد EPA (۴۵ mg/l) می باشد [۱۲ و ۵، ۱۱]. هم چنین نتایج نشان داد که میانگین غلظت نیترات خروجی از دستگاههای تصفیه آب خانگی برابر ۰/۹۶ mg/l با انحراف معیار ۰/۹۲ mg/l می باشد که نشان می دهد دستگاههای تصفیه آب خانگی کارایی بسیار بالایی در حذف نیترات دارند. با توجه به اینکه نیترات اثرات بهداشتی بسیار زیادی دارد [۱۷، ۱۶، ۱۵ و ۱۸] و عملاً به عنوان یک ماده مشکوک به سرطانزایی شناخته می شود [۱۷]. استفاده از این دستگاهها می تواند در جلوگیری از اثرات بالقوه ی نیترات مثل مت همو گلوبینا و نیتروز آمین بسیار مفید باشد.

در تحقیقی که خانم نیره نعیمی و همکاران در سال ۹۲-۹۱ در بجنورد انجام داده اند مشخص شد که میانگین نیترات دستگاههای تصفیه آب ورودی و خروجی به ترتیب ۵/۳۶ mg/l و ۱/۸۵ mg/l بوده که کارایی حذف دستگاهها در کاهش نیترات ۶۵/۵٪ بوده است (۱). هم چنین در تحقیقی که خانم منصوره دهقانی و همکاران در سال ۹۱-۹۰ در قشم انجام داده اند میزان میانگین نیترات در دستگاههای آب شیرین کن در ورودی و خروجی به ترتیب ۳/۶۷ mg/l و ۰/۱۲ mg/l بود که کارایی دستگاهها در کاهش نیترات ۹۲/۲٪ است [۹] و در مطالعه انجام شده در سال (۲۰۰۸) در فنلاند کارایی دستگاههای تصفیه آب خانگی در کاهش نیترات ۹۱/۷۵٪ می باشد [۱۳] که تقریباً با نتایج این مطالعه مطابقت دارد.

میانگین کارایی حذف سولفات در مطالعه حاضر بوسیله دستگاه های تصفیه آب خانگی ۹۱/۵٪ با انحراف معیار ۹/۷۴ بدست آمد (شکل ۱ جدول ۱). هم چنین میانگین غلظت سولفات آب شهری (ورودی به دستگاهها) حدود ۷۰/۴ mg/l با انحراف معیار ۲۶/۲۱ بود که نشان دهنده پایین بودن غلظت سولفات از حد استاندارد توصیه شده بوسیله سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و WHO (۲۵۰ mg/l) و هم چنین EPA (۴۰۰ - ۲۰۰ mg/l) می باشد [۱۵ و ۱۲]. با توجه به غلظت سولفات خروجی از دستگاهها مشخص شد که میانگین غلظت سولفات خروجی از دستگاههای تصفیه آب برابر ۶/۵۶ mg/l با انحراف معیار ۹/۸۲٪ می باشد که نشان دهنده کاهش بسیار زیاد غلظت سولفات توسط این دستگاهها می باشد با توجه به اینکه غلظت املاح موجود در آب جهت ایجاد طعم در آب آشامیدنی به مقدار کم ضروری می باشد این میزان کاهش ممکن است طعم آب را به میزان زیادی از بین ببرد و این از معایب این دستگاه می تواند به شمار رود، از طرف دیگر به خاطر اثرات مسهلی سولفات این مقدار کاهش می تواند در مواقعی مفید باشد [۱۹ و ۲۰].





کلراید نیز جزء املاحی می باشد که در ایجاد طعم در آب بسیار مفید می باشد بر اساس (شکل ۲ و جدول ۱) مشخص است که کارایی حذف توسط دستگاههای تصفیه آب در حذف کلراید  $44/48\%$  با انحراف معیار  $15/12$  می باشد که میانگین غلظت کلراید آب شهری (ورودی به دستگاه)  $105/87 \text{ mg/l}$  با انحراف معیار  $44/64$  و میانگین غلظت کلراید خروجی از دستگاههای تصفیه آب  $15/98 \text{ mg/l}$  با انحراف معیار  $16/64$  می باشد که نشان دهنده پایین بودن غلظت کلراید در آب شهری و آب تصفیه شده بوسیله دستگاههای تصفیه آب خانگی از حد استانداردهای آب آشامیدنی ایران، WHO و EPA ( $400 - 200 \text{ mg/l}$ ) می باشد [۱۵، ۱۲]. بنابراین با کاهش این حد از کلراید از آب شهری، طعم آب نیز تا حدودی از بین خواهد رفت زیرا بر اساس توصیه سازمان های ذیربط وجود املاحی مانند کلراید و سولفات در ایجاد طعم مناسب جهت آشامیدن ضروری است [۱۴ و ۲۰].

در مطالعات انجام شده در قشم در سال ۹۱-۹۰ میانگین میزان کلراید در دستگاههای تصفیه آب به ترتیب حدود  $201 \text{ mg/l}$  و  $78 \text{ mg/l}$  بوده که راندمان دستگاه در کاهش کلراید  $97\%$  می باشد [۱]. و در مطالعات انجام شده کاشان در سال ۸۷-۸۶ میانگین کلراید در ورودی و خروجی دستگاهها به ترتیب حدود  $204 \text{ mg/l}$  و  $68 \text{ mg/l}$  بوده که کارایی کاهش  $66/5\%$  را نشان می دهد [۳]. ضمناً در مطالعه انجام شده در بجنورد میانگین کلراید به ترتیب در ورودی و خروجی دستگاههای تصفیه آب  $167 \text{ mg/l}$  و  $37 \text{ mg/l}$  بوده که کارایی دستگاه در کاهش کلراید  $77/8\%$  می باشد [۹].

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که دستگاههای تصفیه آب در حذف فلوراید کارایی مناسبی دارد بطوریکه میانگین کارایی دستگاهها در حذف فلوراید  $72/86\%$  با انحراف معیار  $21/80$  بدست آمد هم چنین غلظت فلوراید آب آشامیدنی شهر اردبیل (در ورودی به دستگاههای تصفیه آب) در این تحقیق با میانگین  $0/54 \text{ mg/l}$  و انحراف معیار  $0/41$  دستگاههای تصفیه آب در حد استاندارد ایران و WHO ( $0/5 - 1/5 \text{ mg/l}$ ) قرار دارد [۱۵، ۱۲]. اما میانگین غلظت فلوراید خروجی از دستگاهها از حد استاندارد توصیه شده بسیار پایین تر می باشد [۱۵، ۱۲]. با توجه به اینکه کمبود فلوراید اثرات بهداشتی بر روی سلامت انسان دارد و می تواند باعث پوسیدگی دندان و اثرات بر روی استخوان و اسکلت انسان بگذارد [۱۴ و ۲۱] و از طرفی برای جبران کمبود فلوراید در آب آشامیدنی بصورت دستی در تصفیه خانه به آب آشامیدنی فلوراید اضافه می شود بنابر این کاهش فلوراید توسط این دستگاهها یکی از معایب اصلی این دستگاهها بوده و ممکن است اثرات بهداشتی را برای انسان داشته باشد، البته مطالعات مشابهی که در سایر نقاط انجام شده نیز حذف فلوراید توسط این دستگاهها و کاهش آن به کمتر از حد استاندارد آب آشامیدنی را تایید کرده اند [۲۱، ۳ و ۹]. در مطالعه انجام شده در بجنورد کارایی دستگاههای تصفیه آب در کاهش فلوراید  $68/8\%$  بوده است [۱] و در مطالعه انجام گرفته در کاشان این کارایی  $75/9\%$  بوده است (۳). و در مطالعه دیگری که در قشم انجام گرفته کارایی دستگاهها در کاهش فلوراید  $99/3\%$  می باشد [۹] که همه موارد تایید کننده نتایج تحقیق حاضر می باشند.

نتایج مطالعه نشان داد که کارایی حذف سختی کل، سختی کلسیم و سختی منیزیم توسط دستگاههای تصفیه آب خانگی به ترتیب  $82/41\%$ ،  $87/10\%$  و  $65/78\%$  می باشد (جدول ۱ و شکل ۲). هم چنین نتایج بررسی ها نشان داد که میزان سختی کل، کلسیم و منیزیم آب شهری اردبیل به ترتیب  $273/16 \text{ mg/l}$ ،  $187/66 \text{ mg/l}$  و  $80 \text{ mg/l}$  و میانگین سختی کل، کلسیم و منیزیم خروجی دستگاههای تصفیه آب خانگی به ترتیب  $42/66 \text{ mg/l}$ ،  $18/58 \text{ mg/l}$  و  $24/25 \text{ mg/l}$  می باشد. با توجه به اینکه سختی آب شرب شهر اردبیل بر اساس طبقه بندی WHO، در طبقه آبهای سخت قرار دارد ( $300 - 150 \text{ mg/l}$ ) [۱۱ و ۱۴]. اما بعد از تصفیه توسط دستگاههای تصفیه آب خانگی در طبقه آبهای سبک قرار می گیرد (کمتر از  $75 \text{ mg/l}$ ) و چون آبهای سبک باعث بیماریهای قلبی عروقی می شود [۲۲] بنابر این کاهش این میزان از سختی توسط دستگاههای تصفیه آب خانگی ممکن است اثرات بهداشتی در پی داشته باشد [۲۲] و به عنوان یکی از معایب این دستگاهها در نظر گرفته شود. در تحقیق انجام گرفته در بجنورد میانگین ورودی و خروجی اندازه گیری شده سختی کل به ترتیب حدود  $568 \text{ mg/l}$  و  $136 \text{ mg/l}$  میباشد که کارایی دستگاه در کاهش میزان سختی کل  $76\%$  است (۱) و در مطالعه مشابه در کاشان که میانگین سختی کل در ورودی و خروجی دستگاههای تصفیه آب به ترتیب حدود  $319/37 \text{ mg/l}$  و  $118/25 \text{ mg/l}$  می باشد که کارایی دستگاه در کاهش سختی کل  $62/9\%$  بوده است [۳] و در مطالعه مشابه که در قشم انجام شده این کارایی در کاهش سختی کل در دستگاههای تصفیه آب  $99/5\%$  می باشد [۹].

در این مطالعه میانگین کلر باقیمانده آب شرب شهر اردبیل (آب ورودی به دستگاههای تصفیه آب)  $0/23 \text{ mg/l}$  با انحراف معیار  $0/18$  بدست آمد که نشان دهنده این است که کلر باقیمانده در آب شرب شهر اردبیل در حد استاندارد ایران و WHO ( $0/8 - 0/2 \text{ mg/l}$ ) قرار دارد (۵) اما کل غلظت های خروجی کلر باقیمانده از دستگاهها برابر صفر بوده است که نشان دهنده راندمان حذف  $100\%$  در صدی کلر باقیمانده توسط این دستگاهها می باشد، که این وضعیت می تواند اثرات ثانویه کلر را که برای غیر فعالسازی میکروبها استفاده می



شود، کاهش دهد. در مطالعه ای که در سال ۸۱ در قم انجام شده نیز کلر باقیمانده در خروجی دستگاههای تصفیه صفر یا کمتر از ۱ (در حد صدم٪) بوده است [۲] که با نتایج بدست آمده در این تحقیق مطابقت دارد.

میانگین کارایی حذف کدورت در مطالعه حاضر توسط دستگاههای تصفیه آب خانگی ۵۷/۹۸٪ با انحراف معیار ۱۸/۴۹ می باشد که میانگین میزان کدورت ورودی به دستگاههای تصفیه آب NTU ۰/۴۹ با انحراف معیار ۰/۱۱ می باشد که نشان می دهد میزان کدورت آب شرب شهر اردبیل در استاندارد آب آشامیدنی ایران (زیر NTU) قرار دارد [۵] اما از لحاظ مطلوبیت در حد استاندارد نیست اما آب شرب تصفیه شده توسط دستگاههای تصفیه آب خانگی از لحاظ مطلوبیت و زیبایی شناختی بسیار مطلوب تر از آب شرب ورودی می باشد و نشان می دهد که این دستگاهها در حذف کدورت بسیار خوب عمل می کنند. با توجه به اینکه کدورت از لحاظ زیبایی شناختی و هم چنین در بحث کلر زنی و حفاظت میکرو ارگانیسم ها حائز اهمیت است [۲۳] استفاده از این دستگاهها می تواند مشکلات مربوط به کدورت را رفع کند.

میانگین کارایی حذف سدیم توسط دستگاههای تصفیه آب خانگی در این مطالعه ۹۵/۰۵ در صد بدست آمد و هم چنین میانگین غلظت سدیم آب شهری و هم چنین آب خروجی از دستگاه تصفیه آب شهری به ترتیب ۲۷/۹۸  $\pm$  ۱۷۴ و ۷/۱۸  $\pm$  ۱۰/۳۹ میلی گرم در لیتر بود که نشان دهنده غلظت بالای سدیم در آب شهری می باشد اما بعد از خروج از دستگاه آب تصفیه خانگی غلظت آن به میزان بسیار زیادی کاهش پیدا می کند که نشان دهنده کارایی بسیار بالای این دستگاه ها (۹۵/۰۵٪) در حذف سدیم از آب شهری می باشد. هم چنین میانگین کارایی حذف پتاسیم در این مطالعه ۱۵/۹۸  $\pm$  ۷۹/۴۸ بدست آمد که میانگین غلظت پتاسیم آب شهری و آب خروجی از دستگاه های تصفیه آب خانگی به ترتیب ۷/۲۹  $\pm$  ۱۹/۷ و ۳/۷۳  $\pm$  ۳/۸۲ میلی گرم در لیتر بدست آمد هر چند غلظت پتاسیم آب شهری پایین تر از استاندارد ایران و استاندارد های بین المللی است (۵/۱۱)، اما دستگاههای تصفیه آب خانگی غلظت پتاسیم را به میزان بسیار زیادی حذف می کند. سدیم و پتاسیم جزء املاحی می باشند که در رابطه با طعم آب حائز اهمیت می باشند، اما از دید بهداشتی این دو عنصر برای بیماران کلیوی و دیالیزی دارند می تواند مفید باشد [۲۴]. اما برای سایر افراد به دلیل کاهش طعم آب این دستگاه ها از این جنبه توصیه نمی شود.

نتایج این مطالعه نشان داد که طول عمر فیلترها اثر معنی داری بر میزان خروجی نیتريت داشته بطوری که فیلترهایی که طول عمر کمتر از ۹۰ روز (سه ماه) داشتند اختلاف معنی داری در میزان نیتريت خروجی نسبت به فیلتر های با طول عمر بین ۹۰ تا ۱۸۰ روز و بیش از ۱۸۰ روز نشان داد ( $P < 0.05$ ) اما طول عمر فیلترها تاثیری معنی داری بر میزان خروجی سایر شاخص ها نشان نداد.

در این مطالعه نقش دستگاه تصفیه آب خانگی بر روی دو نوع منبع آبهای سطحی و زیر زمینی بررسی گردید و نتایج نشان داد که اختلاف معنی داری بین میزان سولفات، کلراید، سختی کل ( $P < 0.05$ ) و کدورت، EC، هدایت الکتریکی و TDS ( $P < 0.01$ ) و هم چنین سدیم ( $P < 0.01$ ) بین ورودی آبهای سطحی و زیرزمینی وجود دارد و اختلاف معنی داری بین میزان سایر شاخصها در آبهای زیر زمینی و سطحی مشاهده نگردید.

بررسی میانگین شاخصها در آب خروجی دستگاهها اختلاف معنی داری را بین آبهای سطحی و زیرزمینی نشان نداد. بنابر این می توان نتیجه گرفت شاخصهایی که میزانشان در آب ورودی از دو منبع با هم متفاوت بود توسط دستگاه تعدیل شده در نتیجه اختلاف معنی داری در میزان آنها در دو نوع منبع در خروجی دستگاههای تصفیه آب خانگی مشاهده نشد.

هم چنین نتایج این مطالعه نشان داد که میزان نیتريت خروجی از دو دستگاه تصفیه آب خانگی سه فیلتره و شش فیلتره تغییرات معنی داری نسبت به همدیگر دارند ( $P < 0.05$ ) اما تعداد فیلتر تاثیری بر میزان سایر شاخصها در آب خروجی دستگاههای تصفیه آب خانگی نشان نداد.

### نتیجه گیری و جمع بندی

نتایج بدست آمده از این تحقیق نشان داد که دستگاه های تصفیه آب خانگی کارایی بسیار بالایی در حذف پارامترهای فیزیکی شیمیایی آب دارند و با توجه به اینکه اغلب پارامترهای آب شهری زیر حد استاندارد آب آشامیدنی ایران قرار دارد استفاده از این دستگاه ها الزامی نمی باشد، چرا که اکثرا غلظت پارامتر ها را تا زیر حد استاندارد کاهش می دهند و به نوعی باعث کاهش طعم آب و کاهش غلظت فلوراید به زیر حد استاندارد می شوند و بررسی میانگین شاخصها در آب خروجی دستگاهها اختلاف معنی داری را بین آبهای سطحی و زیرزمینی نشان نداد. بنابر این می توان نتیجه گرفت شاخصهایی که میزانشان در آب ورودی از دو منبع با هم متفاوت



اولین کنفرانس ملی آلودگی های محیط زیست

با محوریت زمین پاک

۲۳ اردیبهشت ماه ۱۳۹۳

دانشگاه علوم پزشکی و خدمات درمانی استان اردبیل

بود توسط دستگاه تعدیل شده در نتیجه اختلاف معنی داری در میزان آنها در دو نوع منبع در خروجی دستگاههای تصفیه آب خانگی مشاهده نشد.

### تشکر و قدر دانی

از اساتید و همکاران گرامی سرکار خانم دکتر ناصحی، آقای دکتر فتائی، مهندس فضل زاده، و دکتر محمد امانی بلحافظ راهنمایی های لازم سپاسگزارم و از مسئولین محترم دانشکده بهداشت بلحافظ همکاری با این تحقیق نهایت تقدیر و تشکر را دارم.



اولین کنفرانس ملی آلودگی های محیط زیست

با محوریت زمین پاک

۲۳ اردیبهشت ماه ۱۳۹۳

دانشگاه علوم پزشکی و خدمات درمانی استان اردبیل

## مراجع

- [1]. Tavangar A, Naimi N, Alizade H, Tavakoli Ghochani H, Ghorbanpour R. Evaluation of water treatment systems' performance available in Bojnurd city during 2013. Journal of North Khorasan University of Medical Sciences. 2013;5(Student Research Committee Supplementary ):1120.(In Persian)
- [2]. Yari AR, Safdari M, Hadadian L, Babakhani H. The physical, chemical and microbial quality of treated water in Qom's desalination plants. Journal of Qom University of Medical Sciences 2007; 1(1): 45-54.(In Persian)
- [3]. Miranzade M, Rabbani D. Chemical quality evaluation for the inlet and outlet water taken from of the desalination plants utilized in Kashan during 2008. Kashan Medical Journal, 2010;14 (2):120-125. (In Persian)
- [4]. Massoudinejad M et al. Fundamentals of Water Treatment, Shar Ab Publications, 2011: 63-132.
- [5]. National Standards of Iran. No. 1053, 5th.revision., Drinking water - Physical and chemical specifications. ICS:13.060.020
- [6]. Greenlee L., Lawler D., Freeman B., Marrot B., Moulin P., Reverse osmosis desalination: Water sources, technology, and today's challenges, water research 2009; 43: 2317 – 2348.
- [7]. Toufic M, Hasan F, Zeina A, et al. Techno-economic assessment and environmental impacts of desalination technologies Journal of Desalination 2011 ; 266: 263–273.
- [8]. Nasrabadi N. Spread evaluation of pathogenic and influence on the food chain in southwest shores of Persian Gulf. Proceedings of the 6<sup>th</sup> International Conference on Coasts, ports and Marine structures 2004 November- December 29-2, Tehran, Iran. (In Persian)
- [9]. Deghani M, Nourmoradi H, Hashemi., Azimi A, Doleh M, Vafae R. An evaluation of physical, chemical and biological quality of influent and effluent water obtained by reverse osmosis and multistage flash processes for drinking consumption. Journal of Research in Medical Sciences. 2013; 36 (5) :36-42. (In Persian)
- [10]. Course plan: Momenzadeh Abbas, professor at Shahid Beheshti University of Medical Sciences.
- [11]. EPA, 2004. "Edition of the drinking water standards and health advisories", EPA 822- R- 04- 005, Office of water protection agency Washington, DC.
- [12]. World Health Organization, 2006. "Guidelines for Drinking-water Quality [electronic resource]", incorporating first addendum, Volume 1 Recommendations, 3<sup>rd</sup> ed, World Health Organization
- [13]. Sehn P. Fluoride removal with extra low energy reverse osmosis membranes in Finland. Desalination 2008;223:73-84.
- [14]. Industrial research and standard institute of Iran, 1997. "Physical and chemical quality of drinking water", Fifth edition, No 1053, Tehran.
- [15]. DES. Nitrate and Nitrite: Health Information Summary; Environmental Fact Sheet. New Hampshire Department of Environmental Services. ARD-EHP-16; 2006.
- [16]. Gilchrist M, Winyard PG, and Benjamin N. Review; Dietary nitrate – Good or bad? Nitric Oxide 2010; 22:104–109.
- [17]. Gangolli SD et al. Assessment; Nitrate, nitrite and N-nitroso compounds. European Journal of Pharmacology Environmental Toxicology and Pharmacology Section 1994; 292: 1-38



اولین کنفرانس ملی آلودگی های محیط زیست

با محوریت زمین پاک

۲۳ اردیبهشت ماه ۱۳۹۳

دانشگاه علوم پزشکی و خدمات درمانی استان اردبیل

- [18]. Manassaram DM, Baker LC, and Moll DM. A review of nitrates in drinking water: maternal exposure and adverse reproductive and developmental outcomes. Ciencia & Saude Coletiva, Rio de Janeiro, Brasil; 2007: 153-163.
- [19]. Savari, J, 2006. "Surveys the physical and chemical quality of Ahvaz city drinking water". The journal of Tehran University of Medical Science. School of Public health and research institution 5, pp.75-85.
- [20]. Sasidhar., P, and K.S.B. Vijay, 2008. "Assessment of groundwater corrosiveness for unconfined aquifer system at Kalpakkam". Environ Monit Assess 145, pp.445-452.
- [21]. Chalkesh., A. M, 2007. "Principles of water treatment", 6<sup>nd</sup> ed, Arkan pp.73-83.
- [22]. Michal., C, E.I. Ziv and E.R. Bruce, 2008. "Systematic evaluation of nitrate and perchlorate bioreduction kinetics in groundwater using a hydrogen-based membrane biofilm reactor". Water Research Published online 11 October, 2009 43, pp.173-181
- [23]. Martin., J. A, W.B. Ronald, C. Ray, E. Steve, C. Hrudey, and P. Pierre, 2008. "Ministerial Technical Advisory Committee", Prepared for The Minister of Health Province of British Columbia pursuant to Section 5 of the Drinking Water Act (S.B.C. 2001).
- [24]. World Health Organization, 2006. "Guidelines for Drinking-water Quality [electronic resource]", incorporating first addendum, Volume 1 Recommendations, 3<sup>rd</sup> ed, World Health Organization.